

CASTING METHOD**Publication number:** JP57199559**Publication date:** 1982-12-07**Inventor:** KONSUTANTEIN BISHINEBUSUKII; TOOMASU ARAN
KORAKOUSUKII**Applicant:** TRW INC**Classification:****- International:** B22D27/04; B22D27/04; (IPC1-7): B22D27/04**- european:** B22D27/04A**Application number:** JP19820032188 19820301**Priority number(s):** US19810239640 19810302**Also published as:**

EP0059549 (A2)

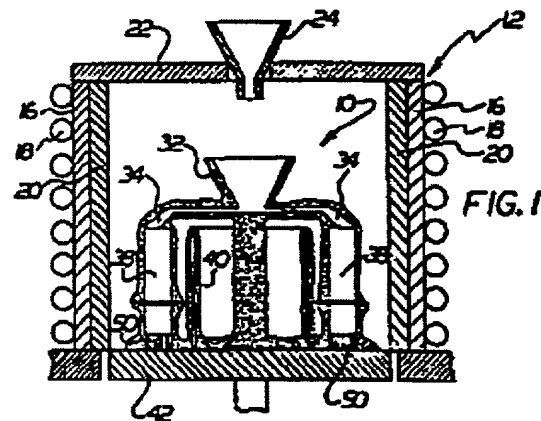
EP0059549 (B1)

Report a data error here

Abstract not available for JP57199559

Abstract of corresponding document: **EP0059549**

An improved method of casting a directionally solidified metal article, such as an airfoil, includes the steps of providing a directionally solidified starter element which is formed of a plurality of elongated metal crystals. In one specific preferred embodiment, each of the elongated metal crystals of the starter element is formed of a plurality of cubic unit cells having sides extending at an acute angle to the longitudinal axis of the crystal such that each cell is advantageously oriented with its [111] direction extending substantially parallel to the longitudinal axis of the elongated crystal. When an article is to be cast, the starter element is positioned at the lower end of a mold cavity and is exposed to a chill. Molten metal is poured into the mold cavity and is solidified. As this occurs, a cast article is formed of elongated crystals having longitudinal axis extending parallel to the longitudinal axes of the crystals in the starter element. Each of the elongated crystals in the cast article is formed of a plurality of cubic unit cells. The sides of the unit cells of the elongated crystals in the cast article have the same orientation as the sides of the unit cells in the elongated crystals of the starter element.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

⑫ 公開特許公報 (A)

昭57—199559

⑤ Int. Cl.³
B 22 D 27/04

識別記号

庁内整理番号
6554—4E

⑬ 公開 昭和57年(1982)12月7日

発明の数 2
審査請求 未請求

(全 9 頁)

⑭ 鑄造方法

① 特 願 昭57—32188

② 出 願 昭57(1982)3月1日

優先権主張 ③ 1981年3月2日 ④ 米国(US)
⑤ 239640⑦ 発 明 者 コンスタンティン・ビシネブス
キーアメリカ合衆国オハイオ州ソロ
ン・バツクボード・レーン5940

⑧ 発 明 者 トーマス・アラン・コラコウス

キー

アメリカ合衆国オハイオ州モア
ーランド・ヒルズ・ジャクソン
・ロード34900① 出 願 人 ティーアールダブリュ・インコ
ーポレーテッドアメリカ合衆国オハイオ州クリ
ーブランド・ユークリッド・ア
ベニュー23555

④ 代 理 人 弁理士 浅村皓 外4名

明細書の浄書(内容に変更なし)
明 細 書

1. 発明の名称

鑄造方法

2. 特許請求の範囲

(1) 長手方向の中心軸線を備えた翼の鑄造方法であつて、当該方法は、チル部材を提供する段階と、空洞を備えた鑄型を提供する段階にして、当該鑄型は翼の形状及び長手方向中心軸線に相對應する形状及び長手方向中心軸線を有する翼鑄造部分と、一端が開口しており、反対側端部は前記翼鑄造部分と接続されているスタート要素収納部分とを有する空洞を備えている鑄型提供段階と、複数の細長い金属結晶を備えたスタート要素を提供する段階と、前記スタート要素が前記チル部材に露出され、鑄型のスタート要素収納部分内に配置される状態において前記スタート要素及び鑄型を互いにかつチル部材に対して配置する段階にして、当該段階はスタート要素及び鑄型をしてスタート要素内の長手方向に延びる結晶が鑄型空洞の長手方向軸線に対して實質的に平行に延びるよう互いに

配置せしめる段階を含んでいる配置段階と、溶融金属を鑄型空洞内に注入する段階と、前記スタート要素を溶融金属と係合せしめる段階と、鑄型空洞内に細長い金属結晶を形成し、これら結晶の軸線が鑄型空洞内の中心軸線並びにスタート要素内の細長い金属結晶の軸線とほぼ平行をなして延びるように結晶を形成する段階とを有する鑄造方法。

(2) 長手方向に延びる先端エッジ部分を備えた金属翼の鑄造方法であつて、当該方法は、チル部材を提供する段階と、少なくとも一部分が翼の形状に相對應する形状を備えている空洞を備えた鑄型を提供する段階と、細長い結晶組織を備えた金属スタート要素を提供する段階にして、各細長い結晶は實質的に同一の配向を備えた複数の立方体単位セルから構成されているスタート要素提供段階と、前記鑄型及びスタート要素を互いに対しておかつチル部材に対して配置せしめ、前記スタート要素がチル部材及び鑄型空洞の両者に対して露出させられ、前記細長い結晶内の立方体単位セルの側面の各々が翼の先端エッジに相對應する形状を

備えた鑄型空洞部分の長手方向軸線に対して鋭角をなして延びるように配置する段階と、溶融金属を鑄型空洞内に注入する段階にして、当該注入段階は前記スタータ要素を溶融金属と係合せしめる段階を含んでいる注入段階と、鑄型空洞内において前記溶融金属を凝固せしめ翼を形成する段階にして、当該凝固段階は翼の先端エッジ部分を細長い結晶組織で形成するべく前記溶融金属を凝固させる段階を含んでおり、各細長い結晶は実質的に同一の配向を備えた複数の立方体単位セルから形成されており、当該立方体単位セルの側面の各々は翼の先端エッジ部分の長手方向軸線に対して鋭角をなして延びている凝固段階とを有する鑄造方法。

3. 発明の詳細な説明

本発明は物品の鑄造方法に関するものであり、より具体的には所望の配向を備えた多数個の細長い結晶からなる金属製品の鑄造方法に関するものである。

製品の長手方向に平行な(001)方位を備え

出てくる成長域の機能は鑄造製品からオフ軸線配向を備えた結晶乃至粒を除去することである。

鑄造の後前記成長域は製品から切り離され、次の鑄造のための新規な溶融材ロット又はいわゆるマスタ金属を作るために再使用されるか、又は廃却される。前記成長域は付加金属、鑄型製作のためのパターン製造に用いられるワックス材及び鑄型のための付加的セラミック材を用いることによつて鑄造コストの低減に寄与することが出来る。

前述の特許において開示された態様で方向性凝固を行なうことにより得られる結晶学的方位である(001)方位は熱疲労抵抗が大きい等のある種の望ましい特性をもたすが、他の結晶学的配向方位はより高いクリープ強度及びヤング率をもたすということが良く知られている。用途によつてはクリープ強度及びヤング率が高いということが重要となる可能性がある。しかしながら、より高い強度及びヤング率値を生み出す結晶学的配向方位を得ることは慣用の方向性凝固技法を以つてしては不可能である。

る細長い結晶を有するタービンブレードのような製品を鑄造するという概念は米国特許

第3,485,291号に記載されている。この特許に記載された方法においては、溶融金属の凝固は最初冷却表面近くの競合成長域内で発生しており、製品の鑄型空洞の長手方向は前記冷却表面と垂直をなして整合されていることが特徴となつている。

この競合成長域が発生するのは、面心立方金属がチル(鑄型)に対して鑄造される時に、形成される初期結晶が全て所望の(001)方位を有するのではなく実質的にランダムに整合するからである。溶融金属内の凝固デンドライト(樹枝状組織)は凝固がチルから前進するので(001)方位において最も良く成長し、従つてチルに垂直をなす(001)方位を備えたデンドライトが製品の長手方向軸線に沿つて指向的に成長する。結局、指向性を有するデンドライトは前記競合成長域から抜け出て成長方向における(001)方位を備えた一連のコラム状粒乃至結晶が得られる。好ましい即ち(001)方向に整合したコラム状粒が

過去においては、単結晶製品の鑄造における結晶配向は単一結晶物質からなるシード(種)乃至固体片を用いることによりコントロールされてきた。鑄造の際、金属凝固は前記単結晶シードから進行し、全鑄造空洞内における単結晶の伝播が誘起される。所望の効果を達成するためにはシード温度並びに鑄型冷却のための適当な装置の制御が必要とされ、この制御の態様は更に米国特許第1,793,672号、第3,139,653号、第3,759,310号、第3,857,436号及び第4,015,657号に記載されている。しかしながら、これらの特許において記載されている方法は単結晶製品の形成のために、所望の結晶学的配向を備えた多数個の細長い結晶を有する方向性凝固製品を用いるというよりは単結晶シードを用いている。

配向した粒乃至結晶を備えた細長い結晶組織を有する製品を得る試みにおいて、英国特許第870,213号は好ましい結晶学的特性を備えたインゴットを製造するためにシードスラブ乃至

スタータを用いることを教示している。前記シードスラブ乃至スタータ要素は細長い粒を備えており、当該粒は体心立方単位セルの側辺に対応する(100)結晶学的面が実質的に前記シードスラブの細長い粒乃至結晶の長手方向軸線と実質的に垂直をなすように配向させられている。前記単位セルの他の側辺即ち粒乃至結晶の長手方向軸線に平行に延びる側辺はランダムに配向しており、他の細長い粒乃至結晶における類似の結晶平面に平行に配向するのは時たまにしか過ぎない。

鑄造作業の間、前記英国特許のシードスラブ乃至スタータ要素は鑄型の底部に配置されるが、結晶の長手方向軸線は水平方向に、即ち鑄型の長手方向軸線に垂直をなして延びている。得られた方向性のある凝固製品を形成する細長い結晶乃至粒は当該結晶乃至粒の長手方向軸線に垂直をなして延びる一对の側表面と、当該結晶乃至粒の長手方向軸線に平行をなして延びる他の側表面とを備えるように配向させられている。前記長手方向軸線に沿つての結晶学的方位は(001)であり、こ

れはチル表面からの適合的結晶成長を用いてガスタービン製品を作る前述の方向性凝固方法の場合と同一の方位である。かくて、この方法は、前記チル表面に垂直に鑄造される製品の長手方向軸線に沿つて(001)以外の方向を得、強度乃至ヤング率における所望の変化をもたらすということとは教示していない。

本発明は細長い結晶乃至粒を備えた方向性凝固シード乃至スタータ要素を利用している。前記スタータ要素乃至シードはスタータ要素内の結晶の長手方向軸線が鑄型空洞内の粒成長の好ましい方向に平行に延びた状態で鑄型内に配向されている。この結果鑄型空洞内のスタータ要素においては細長い金属結晶又は粒の形成が開始され、これらの粒の長手方向軸線はスタータ要素内の細長い金属結晶の長手方向軸線に平行に延びる。

前記シード乃至スタータ要素内の細長い結晶を配向させ、長手方向軸線が鑄型空洞内の粒乃至結晶成長の方向に平行に延びるようにすることで、鑄型空洞内に注入される溶融金属はスタータ要素

内の長手方向に延びる粒乃至結晶の端部と接触する。この結果、スタータ要素内の粒乃至結晶と同一の配向を備えた多数個の結晶乃至粒の核生成が行なわれる。前記スタータ要素における方向性のある配向結晶の核生成はほとんどの従来の方向性凝固鑄造プロセスの特徴である融合成長域の発生を防止する。

スタータ要素内の粒端部において核生成した長手方向に延びる結晶乃至粒はスタータ要素の単位セルと同一配向に配置された単位セルを備えている。細長い粒乃至結晶を備えたスタータ要素に、スタータ要素の結晶乃至粒の長手方向軸線に鋭角をなして傾斜乃至延びている側表面を備えた単位セルを与えることにより、鑄造製品内には類似の配向を備えた単位セルを有する長手方向に延びた結晶乃至粒が形成される。スタータ要素内における単位セルを種々の予め選定された長手方向に配向せしめて、単位セルが同一方向に配向した細長い結晶組織を備えた鑄造製品の凝固を行なうことが好ましい。配向の選択は当該製品に望まれる特

定の性能に依存している。

例として、ニッケルベースの超合金の場合結晶方向を変化させてヤング率を変化させる例を挙げると、結晶の長手方向軸線に平行な(001)方向を備えた細長い結晶乃至粒を有して方向性凝固する鋳物は約 $18,000,000 \text{ psi}$ (12600 kgf/cm^2)の室温におけるヤング率を備えている。もしも細長い結晶の長手方向配向が(111)方向に存在しているとすれば同一のニッケルベース超合金鋳物は鑄造軸線に沿う方向において約 $44,000,000 \text{ psi}$ (30800 kgf/cm^2)の室温ヤング率を備えることになる。本発明の方法は多くの異なるタイプの製品を鑄造するのに用いることが出来るが、本方法は長手方向軸線が実質的に異の長手方向に平行に延びている細長い結晶乃至粒を備えた鑄造翼に用いるのが好適である。

従つて、本発明の1つの目的は鑄造製品内に形成される細長い結晶乃至粒の長手方向軸線に実質的に平行をなして延びる長手方向軸線を備えた細長い結晶を有するスタータ要素を用いることによ

り方向性凝固した製品を製造する新規かつ改良された方法を提供することである。

本発明の別の目的は異のような製品の新規かつ改良された製造方法であつて、当該製造製品の細長い結晶内の単位セルが結晶の長手方向軸線に対して鋭角をなして延びている側面を備えているような方法を提供することである。

本発明の別の目的は前述の目的において述べられた新規かつ改良された方法において、製造製品内の細長い結晶の単位セルの〔111〕方向が実質的に結晶の長手方向軸線に平行に延びるように当該セルを配向せしめるための方法を提供することである。

以下付図を参照して本発明のより具体的な説明を行なう。

鑄型10(第1図)は溶融金属を鑄型内に注入する前に既知の炉組立体12内において予熱されている。既知の炉組立体12には耐火性外側壁16が設けられており、当該壁は誘導加熱コイル18により取囲まれている。グラフアイトのサセ

10は多くの異なる構造を備え得るが、これらは米国特許第3,680,062号に記載の炉及び鑄型と同一の全体的構造を有しているものと理解されたい。

スタート要素50(第2図参照)は鑄型空洞38の下側端部部分に配置されている。円筒状のスタート要素50はチル42及び鑄型空洞38の両者に対して露出させられている。かくて、スタート要素50の下側乃至底部側表面54はチル42の頂部側表面56と接触係合して配置されている。スタート要素50の反対側表面58は鑄型空洞38に対して直接露出している。

溶融金属が湯口24及び注入口32を経て湯道34及び鑄型空洞38内に注入される時には、溶融金属はスタート要素50の上側表面58に対して下向きに流れる。熱がスタート要素50からチル42へと迅速に伝導されるので、鑄型空洞38内の溶融金属の凝固はスタート要素50の上側表面58において開始される。溶融金属の凝固が鑄型空洞38内において上向きに進行するので、チ

ル42及び鑄型10は鑄型を炉12から周知の様で下向きに引き出されるのが有利である。

本発明の1つの特徴によれば、前記スタート要素50は多数個の細長い金属乃至粒62(第3図参照)から形成されており、当該粒はスタート要素の相対する側表面54及び58にほぼ垂直をなす長手方向軸線を備えている。粒62の大部分は完全にスタート要素50中を延びている。

前記鑄型10は注入口32を備えており、これを通つて溶融金属は複数個の湯道乃至通路34に進入する。湯道34は注入口32のまわりで円形列をなして配設されている複数個の鑄型空洞38と接続されている。鑄型空洞38の円形列の内側上には円筒状の熱シールド40を設けることが出来る。

前記鑄型10は銅製のチルプレート42上に配置されている。前記チルプレート42は鑄型空洞内における溶融金属の方向性凝固を促進せしめ、粒配向が鑄型空洞38の長手方向中心線(垂直軸線)にほぼ平行に延びているコラム状の粒組織を備えた鑄物を提供している。前記炉12及び鑄型

ル42及び鑄型10は鑄型を炉12から周知の様で下向きに引き出されるのが有利である。

本発明の1つの特徴によれば、前記スタート要素50は多数個の細長い金属乃至粒62(第3図参照)から形成されており、当該粒はスタート要素の相対する側表面54及び58にほぼ垂直をなす長手方向軸線を備えている。粒62の大部分は完全にスタート要素50中を延びている。

前記細長い粒62は円形の側表面54内に配置された1つの縦断端部と円形の側表面58内に配置された反対側縦断端部とを備えている。長手方向に延びる粒62の幾つかは2つの側表面54及び58間において終結することが出来る。しかしながら、側表面58において終結する粒の全ては側表面54において反対側端部を備えている。細長い粒乃至結晶62は側表面54及び58に垂直をなして延び、鑄型空洞38の長手方向軸線66(第2図)と平行な関係をなして配置されている長手方向軸線を備えている。

前記細長い結晶62(第3図)はスタート要素

50の上側表面58内に配置された端部を備えており、前記スタート要素結晶の各々は溶融金属の凝固が開始される際、鑄型空洞38内における溶融金属内において相対応する長手方向に延びる結晶乃至粒の核生成を突現せしめる。この結果、空洞38内の溶融金属は長手方向に延びる多数個の結晶乃至粒として凝固する。前記粒はそれらの起源がスタート要素50の表面58にあり、鑄型空洞38の長手方向中心軸線66に平行をなして延びている。鑄型空洞38内において凝固する前記細長い結晶は鑄型軸線66（第2図）並びにスタート要素50内の粒の長手方向軸線に平行に延びる長手方向軸線を備えている。鑄造製品内の粒がスタート要素の端部表面58において所望の配向に核生成を行なうので、所望の長手方向が（001）とされる多くの周知の方向性凝固プロセスの特徴である腐合成長域の発生は除去することが出来る。

鑄型空洞38内に形成される鑄造製品に微粒組織を与えることが望ましい場合には、スタート要素

空洞38内に注入される。多くの異なるタイプの金属を利用することが可能であるが、溶融金属はニッケルベースの超合金とすることが可能である。溶融金属がスタート要素50の上側側表面58と係合する時、スタート要素50内の細長い結晶乃至粒62からなる端部表面には細長いコラム状結晶乃至粒86（第4図参照）が核生成される。この結果得られる異70はスタート要素50の多粒の細長い結晶組織に相対応する多粒細長の結晶組織を備えている。

方向性を以つて凝固した異70内の細長い粒乃至結晶86はスタート要素50内の粒の長手方向軸線並びに異70の長手方向中心軸線に平行に延びる長手方向軸線を備えている（第4図参照）。スタート要素50の上側表面58において核生成した粒乃至結晶86の幾つかは異70の途中で終結している可能性があるが、前記粒86の大部分は異70中をその根元端部78から先端部80へと完全に延びている。この結果異の軸線方向長さにわたつて多粒組織を備えた異70が得られる。

50は微細粒組織を備えており、従つて表面58内には稠密かつ比較的小さな結晶端部分の列が与えられる。この結果鑄型空洞38内には相対応する数の長手方向に延びる結晶乃至粒が形成される。これらの粒はスタート要素50の端部表面58において核生成するので、溶融金属が鑄型空洞38内で凝固すると、微細粒組織は実質的に鑄型空洞の全長にわたつて進展し、粒乃至細長い結晶は軸線66に平行に延びる。

前記鑄型10は空洞38が異なるタイプの製品を形成するよう構成することが可能であるが、当該鑄型10は好適には方向性を以つて凝固する異70（第4図参照）を形成するのに用いられる。前記異70はその根本端部部分78と先端端部部分80との間を延びる先導エッジ部分74と後導エッジ部分76とを備えている。前記異70の輪郭形状は第4図において図式的に示されており、これは単に多くの周知の異輪郭を代表しているに過ぎないことを理解されたい。

異70が鑄造される時には、溶融金属は鑄型空

前記異70はねじられたか及び／又は頭をたれた形状を備える先導エッジ74を備えることが出来るが、前記細長い結晶86は周知の態様で異70の作動特性を高めるべく異70の先導エッジ74に対してほぼ平行をなして延びている。

本発明の別の特徴によれば、異70内の細長い結晶乃至粒86の各々は結晶の長手方向軸線に対して同一の配向を備えた多数個の立方体単位セルから形成されている（第4図及び第5図）。加えるに、各細長い結晶86内の単位セル94は近隣の結晶内の単位セルに関して同一の長手方向配向を備えている。かくて、近隣の長手方向に延びる結晶86は異70の長手方向中心軸線88に関して同一の長手方向配向を備えている単位セルを備えている。

結晶の基本的構成ブロックである前記セルは3次元的に繰返した時に結晶の全組織を与える原子列を備えている。前記単位セルの輪郭は当該結晶が形成されている物質によつて変化する。異70を形成するニッケルベース超合金について言えば、

前記単位セル94は面心立方構造を備えており、当該構造は第4図に示すように各立方体コーナにおける1つの原子と各面中心における1つの原子からなっている。各単位セル内の配向は直交 x 、 y 及び z 軸に関するその座標に関して定義される。結晶内の方向を特定する時には、原点から座標が x 、 y 及び z である点の方向を示すのにノーテーション(xyz)が用いられる。慣習上、かつこが用いられ、分散座標は避けられる。

かくて、立方体セルの1つのエッジに沿つての方向は3つの軸線の1つに対しても平行となり、 (100) 、 $(\bar{1}00)$ 、 $(0\bar{1}0)$ 、 (001) 又は $(00\bar{1})$ とあらわされる。各ケースにおいて、数字の上のマイナスの符号は原点から負の方向を示す。これらの方向の各々は等価であり $\langle 100 \rangle$ 群をなすと言われる。結晶の長手方向軸線が垂直方向に向いており、単位セル軸線の1つも又垂直方向に整合している結晶は (001) 配向を備えているものと表現されるが、この場合は垂直軸線を z 軸とする慣習に従っている。前記

金属が水平方向に配設された銅チルと接触させられ硬化する方向性硬化プロセスによつて製作されるタービンエンジンブレード並びに翼は典型的には面心立方結晶組織を備えたニッケルベースの超合金を使用している。このプロセスにおける細長い結晶の得られる配向は (001) である。単位セルの側表面乃至面は翼70の長手方向中心軸線88と垂直をなすか又は平行をなしている。この配向は熱疲労抵抗の観点からはすぐれていると考えられている。しかしながら、他の配向、特に (111) 配向はクリープ強度を犠牲にすることなく大いに改善されたヤング率を与える可能性がある。そのような特性の組合せは特に耐振及び耐熱強度特性が望まれ、熱疲労抵抗は主たる関心事でない用途においては魅力的である。

本発明の1つの特徴によれば、翼70の製造は単位セル94の各々が長手方向軸線88に関して同一の配向を備え、単位セルの各側表面が結晶86の長手方向に関して鋭角をなし延びるように行なわれる。1つの極端なケースにおいては、こ

単位セルの空間位置は立方体面の1つ上に立方体が平らにのつており、長手方向中心軸線88が立方体を係止させている水平面に垂直をなすものとして簡単に視覚化することが出来る。

単位セル配向の極端な形態は立方体の対角状の相対するコーナを結合する方向において発生している。この状態は立方体の1つのコーナが1つの水平表面と点接触し、残りの対角線上反対側のコーナがこれらコーナを結ぶ1つの線上にあり、当該線が支持水平面と垂直をなしているものとして視覚化することが出来る。1つの立方体単位セル内には幾つかのそのような等価な方向があり、これらの方向は全て $\langle 111 \rangle$ 群の一部である。この群の1つの方向が長手方向中心線88に平行であるような結晶は (111) 配向を備えていると言われる。 (001) 及び (111) の極端な配向の間には種々の他の配向が存在し得る。これらの方向にからむ表示法は結晶学の分野において良く知られており、本発明の特徴を規定することにおいては基本的なものではない。

うすることにより立方体の対角線上コーナが前述の (111) の単位セルコーナ配向と一致することが起り得る。かくて単位セル94の各側表面は結晶86の長手方向軸線並びに相対応する翼70の長手方向中心軸線88に対して鋭角をなして延びる。単位セルの側表面は長手方向軸線に対して傾斜しているが、個々の結晶内の各セルは同一の配向を備えている。

単位セル94の側表面の結晶86中心軸線に関する傾斜関係は第4図において図式的に例示されている。かくて、面心立方ユニットセル94は側表面96、98及び100を備えており、これら全ては結晶86の長手方向中心軸線に対して鋭角をなして延びている。立方体セル94の6つの側表面の内3つのみが第4図において例示されているが、立方体セルの他の3つの側表面も又結晶86の長手方向軸線に対して鋭角をなして延びているということを理解されたい。

結晶86の単位セル94を配向させて、立方体セルの側表面が結晶の長手方向軸線に関して多く

の異なる角度をなすようにすることが可能であるが、1つの特定の好ましい実施例においては、単位セルの〔111〕方向は結晶86の長手方向軸線並びに異70の相対応する長手方向中心軸線88に平行をなしている。

この配向を備えた単位セル94が第5図において図式的に例示されている。前記ユニットセルは面心立方構造をしているが、単位セル94のコーナにおける格子点のみが第5図において例示されており、各面の中心における格子点は例示の簡明さのために省略されているということに注目されたい。第5図において、結晶86の長手方向軸線及び異70の長手方向中心軸線88に平行な前記〔111〕方向は矢印106によつて示されている。

単位セルが第5図に示される〔111〕配向を備えている時には単位セル94の側表面の各々は長手方向中心軸線88に関して鋭角をなして延びている。〔111〕配向を備えた単位セルの対角線上反対側のコーナ間を延びる線104は軸線

88と平行である。第4図及び第5図においては単一の単位セル94が示されているが、細長い結晶86の他の単位セルも同一の長手方向配向を備えていることを理解されたい。個々の結晶86内において、全ての単位セルは又長手方向中心軸線88のまわりにおける共通の回転配向をわけあっており、全ての単位セルの相対応する側表面は平行をなしている。他の結晶86は同一の回転配向を有する必要はないが、〔111〕なる共通の長手方向配向が存在しているので、異70内には長手方向中心軸線88に沿つて共通なセットのヤング率及び他の機械的挙動特性が付与されている。

単位セル94の極限傾斜立方体対角線〔111〕の配向は最も高いヤング率の値を与えている。室温においてはこの値は約 $44.0 \times 10^{10} \text{ psi}$ ($3.08 \times 10^{11} \text{ dyne/cm}^2$)であり、〔001〕配向の場合は約 $18.0 \times 10^{10} \text{ psi}$ ($1.26 \times 10^{11} \text{ dyne/cm}^2$)である。〔111〕配向に対しては又ニッケルベース超合金の個々の結晶を用いて高温で行なつた試験においてクリープ速度及び応力破壊

寿命値で測定した高いクリープ強度が報告されている。合金の種類及び応力及び温度の特定のテスト条件に応じて、〔111〕配向は〔001〕配向の一次クリープ抵抗とくらべてかなり低い値を示とともに、〔001〕配向と同じ位の場合によつてはすぐれた応力破壊寿命を示す。2つのニッケルベース超合金に対して得られているデータを用い、1つの研究文献は〔111〕配向は最も高いクリープ抵抗と、〔001〕又は他の配向に比肩すべき破壊寿命を与えるとしている。

異70に対して、セルの側表面が結晶の中心軸線に対して鋭角をなすよう単位セル94が配向されている細長い結晶乃至粒88を形成させるために、スタート要素50内の結晶62は異70の結晶86内の単位セルと同一の配向をなして配置された単位セルを備えている。かくて、スタート要素50内の各結晶62の単位セルは面心立方構造を備えている。スタート結晶62の立方体単位セルの各側表面は結晶62の長手方向軸線並びに軸線66に対して鋭角をなして延びている。異

70は単位セルの各々が〔111〕配向を備えている細長い結晶又は粒86から形成されているので、長手方向に延びるスタート結晶62はやはり〔111〕配向を備えた単位セルを備えている。

鑄造作業の際溶融金属は鑄型10内に注入される。溶融金属はスタート要素50の上側側表面58と係合する。かくて〔111〕配向内に位置した単位セルを備えたスタート結晶62は単位セルが相対応する〔111〕配向を備えた異結晶86を核生成せしめる。結晶86がスタート要素の上側側表面58から異70の先端部80迄成長し続ける際、結晶86内の単位セル94の配向は一定のままにとどまる。従つて、各異結晶86内の単位セルの全ては同一の〔111〕配向を備えている。

スタート要素50は第3図において一片として鑄造されているものとして示されているが、当該スタート要素50は異なつた構造とすることも可能である。例えば、スタート要素50は各々が〔111〕単位セル配向を備えている複数個の小

さなワイヤ状シードから形成することも可能である。これらのワイヤ状シードは周知の図様で単結晶として成長乃至鑄造され得る。しかしながら、生産の目的のためには、一塊スタート要素の方が有利であると考えられる。もちろん、生産の目的に必要とされる初期の一塊スタート要素50自体も各々が(111)単位セル配向を備えている多数個の小さなワイヤ状シードから形成されるスタート要素からスタートして作ることが出来る。

前述の説明からも明らかなる如く、本発明は細長い結晶乃至粒62を備えた方向性を以つて凝固したシード乃至スタート要素50を利用している。前記スタート要素乃至シード50はその結晶の長手方向軸線が鑄型空洞38内の好ましい粒成長の方向に平行に延びるよう鑄型10内で配向される。この結果鑄型空洞38内にはスタート要素50において細長い金属結晶乃至粒86の形成が開始され、これら粒86の長手方向軸線はスタート要素内の細長い金属結晶62の長手方向軸線に平行をなして延びている。

品内には類似の配向を備えた単位セルを備えた長手方向に延びる結晶乃至粒86が形成される。1つの特定の好ましい実施例においては、スタート要素内の単位セルは(111)配向を備えて、同一の(111)配向を備えた単位セル94を有する細長い結晶組織を持つ鑄造製品70の凝固を行なわせるのが好ましい。セルの側表面の全てが鑄造製品70の粒の長手方向中心軸線に対して鋭角をなして延びるように単位セル94が配向されている時には、当該鑄造製品のヤング率及びクリープ抵抗は改善される。

本発明の方法は多くの異なるタイプの製品を鑄造するのに用いることが出来るが、本方法は翼の先導エッジ74に対して実質的に平行に延びる長手方向軸線を備えた細長い結晶乃至粒86を有する翼70を鑄造するのに好適に用いられる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は鑄型がチル部材上に支持され、スタート要素が溶融金属を鑄型内に注入するのに先立つて前記チル部材及び鑄型空洞に露出される図様を

シード乃至スタート要素50内の細長い結晶62を配向させて、長手方向軸線が鑄型空洞38内の粒乃至結晶成長方向に平行に延びるようにすることで、鑄型空洞内に注入される溶融金属はスタート要素内の長手方向に延びる粒乃至結晶62の端部と接触する。この結果スタート要素50内の粒乃至結晶62と同一の配向を備えた多数個の結晶乃至粒86の核生成が発生する。スタート要素50において方向性を以つて配向させられた結晶が核生成することは、(001)配向がチル表面近くにおける凝固初期段階の自然な成長方向である殆んど従来の方向性凝固鑄造プロセスを特徴付ける競合成長域を除く。

スタート要素内の粒62の端部において核生成する長手方向に延びる結晶乃至粒86はスタート要素の単位セルと同一の配向内に配置されている。細長い粒乃至結晶62を備えているスタート要素50に、スタート要素の結晶乃至粒の長手方向軸線に対して鋭角をなして傾斜乃至延びている側表面を備えた単位セルを与えることにより、鑄造製

示す図式的例示図、

第2図は第1図のスタート要素と、鑄型空洞と、チル部材との間の関係を例示する拡大された尺度で描ける断片的断面図、

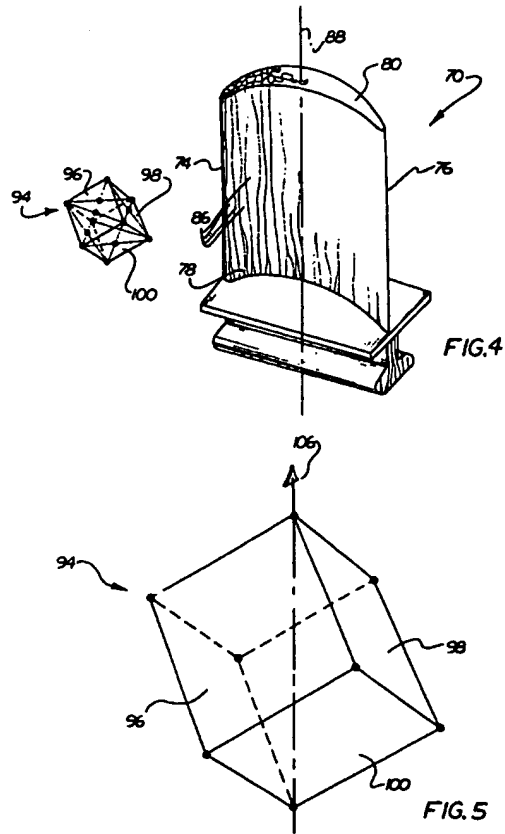
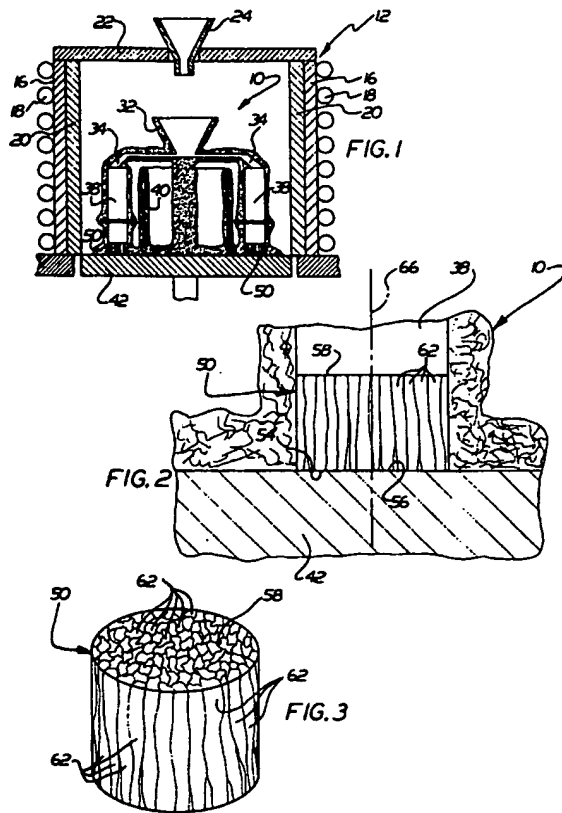
第3図は第2図のスタート要素を拡大し、幾分図式化した例示図、

第4図は第3図のスタート要素とともに鑄造された翼の例示図であり、当該翼内の細長い粒乃至結晶の単位セルの配向を図式的に例示している。

第5図は第4図の翼の1つの細長い粒乃至結晶の単位セルの配向を更に例示している拡大図式例示図であり、当該単位セルの構造は例示を簡明にするため第5図においては単純化されている。

10：鑄型、42：チルプレート、38：鑄型空洞、50：スタート要素、62：細長い金属結晶乃至粒、54、58：側表面、66：鑄型空洞の長手方向中心軸線、70：翼、74：先導エッジ部分、94：単位セル、88：翼の長手方向中心軸線、86：鑄造された細長い結晶の長手方向軸線

図面の浄 (内容に変更なし)



手続補正書 (自発)

昭和57年 5月 24日

特許庁長官殿

1. 事件の表示

昭和57年特許願第 32188 号

2. 発明の名称

鋳造方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住 所
氏 名
(名 称)

ティー・アール・ダブリュ インコーポレーテッド

4. 代理人

居 所

〒100 東京都千代田区大手町二丁目2番1号
新 大 手 町 ビ ル デ ィ ン グ 3 3 1
電 話 (211) 3 6 5 1 (代 表)

氏 名

(6669) 浅 村 皓

5. 補正命令の日付

昭和 年 月 日

6. 補正により増加する発明の数

7. 補正の対象

明 細

8. 補正の内容 別紙のとおり

明細書の浄書 (内容に変更なし)

手続補正書 (方式)

昭和57年 7月 8日

特許庁長官殿

1. 事件の表示

昭和 57 年特許願第 32188 号

2. 発明の名称

鋳造方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住 所
氏 名
(名 称)

ティー・アール・ダブリュ インコーポレーテッド

4. 代理人

居 所

〒100 東京都千代田区大手町二丁目2番1号
新 大 手 町 ビ ル デ ィ ン グ 3 3 1
電 話 (211) 3 6 5 1 (代 表)

氏 名

(6669) 浅 村 皓

5. 補正命令の日付

昭和 57 年 6 月 29 日

6. 補正により増加する発明の数

7. 補正の対象

願書の特許出願人(法人)代表者氏名の欄
委任状及びその訳文各1通

図面の浄書 (内容に変更なし)

8. 補正の内容 別紙のとおり